

วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (2562)

กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบและสัณฐานวิทยาของ ผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) และผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)

เบญจวรรณ ชิวปรีชา¹ และศุภกร ไทยมา²

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

²หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนครนายกวิทยาคม นครนายก 26000

E-mail: benchawon@buu.ac.th

รับบทความ: 15 พฤศจิกายน 2561 แก้ไขบทความ: 27 กรกฎาคม 2562 ยอมรับตีพิมพ์: 15 กันยายน 2562

บทคัดย่อ

การศึกษากายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบและสัณฐานวิทยาของผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) และผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) ซึ่งเป็นพืชน้ำในวงศ์ Pontederiaceae ที่พบในแหล่งที่อยู่อาศัยเดียวกัน ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบ ก้านใบ และก้านช่อดอก ด้วยกรรมวิธีพาราฟิน (paraffin method) ลอกผิวแผ่นใบเพื่อศึกษาเนื้อเยื่อ ชั้นผิว พบลักษณะที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ภาคตัดขวางของแผ่นใบ ก้านใบ และก้านช่อดอกของ ผักตบไทย มีปริมาณคลอโรพลาสต์ร้อยละ 35.65 ± 5.74 6.78 ± 0.28 และ 6.34 ± 0.19 ต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าของผักตบชวา (ร้อยละ 23.95 ± 0.44 3.82 ± 0.37 และ 1.00 ± 0.28 ต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ) ในทำนองเดียวกัน ชั้นแฟลชีดในแผ่นใบของผักตบไทยมีความหนา 6–8 ชั้นเซลล์ ซึ่งมีจำนวนชั้นมากกว่าผักตบชวาที่มีเพียง 4–6 ชั้นเซลล์ ความหนาแน่นปากใบของผักตบไทยเท่ากับ 129.33 ± 5.98 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าผักตบชวาที่มี 115.07 ± 2.52 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ในขณะที่แอโรมาในแผ่นใบของผักตบไทยมีความหนาเพียง 1 ชั้นเซลล์ แต่ผักตบชวาหนา 1–3 ชั้นเซลล์ นอกจากนี้ยังพบตำแหน่งปากใบที่ระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว (typical stomata) และสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว (raised stomata) รวมถึงการสะสมผลึก ในทุกส่วนที่ทำการศึกษาของผักตบไทย ในขณะที่ก้านใบและก้านช่อดอกของผักตบชวาพบเฉพาะปากใบที่ระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว และพบการสะสมผลึก การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณู ด้วยกรรมวิธีอะซิโตนไลซิส (acetolysis) แสดงลักษณะเด่นร่วมกันของพืชทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เป็นเรณูเดี่ยว (monad) สมมาตรแบบ ด้านข้าง (bilateral) ขั้วแบบ heteropolar ช่องเปิดแบบ monosulcate และ รูปร่างแบบ oblate สำหรับ ลักษณะที่แตกต่าง พบว่า ผักตบไทยมีเรณูขนาดกลางถึงใหญ่ (33–56 ไมครอน) และลวดลายบนผนังเป็นแบบ granulate ในขณะที่ผักตบชวามีเรณูขนาดใหญ่ (59–84 ไมครอน) และลวดลายบนผนังเป็นแบบ rugulate

คำสำคัญ: ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น พืชน้ำ เรณูวิทยา เนื้อเยื่อพืช

Comparative Anatomy and Pollen Morphology of Pondweed (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) and Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)

Benchawon Chiwapreecha^{1*} and Supakorn Thaima²

¹Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

²Science Department, Nakhonnayok Wittayakhom School, Nakhonnayok 26000, Thailand

*E-mail: benchawon@buu.ac.th

Received: 15 November 2018 Revised: 27 July 2019 Accepted: 15 September 2019

Abstract

The comparative anatomy and pollen morphology of pondweed (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) and water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) that found in the same habitat were studied. For anatomy, paraffin method was examined of the transverse section on leaf blade, petiole and peduncle. The leaf blade surfaces were peeled to study the epidermal layers. The result showed there was difference in quantity of chlorenchyma in leaf blade, petiole and peduncle between *M. hastata* and *E. crassipes*: *M. hastata* were higher than *E. crassipes* (35.65 ± 5.74 , 6.78 ± 0.28 and 6.34 ± 0.1 %/mm² respectively vs 23.95 ± 0.44 , 3.82 ± 0.37 and 1.00 ± 0.28 %/mm² respectively). Also, there were higher number of palisade mesophyll layers on *M. hastata* (6–8 layers) than on the *E. crassipes* (4–6 layers), and there were higher of stomata density on *M. hastata* (129.33 ± 5.98 stomata/mm²) than on *E. crassipes* (115.07 ± 2.52 stomata/mm²). However, *M. hastata* showed equal or lower in the number of aerenchyma layers in mesophyll (1 layer) than on *E. crassipes* (1–3 layers). In addition, the above three parts (leaf blade, petiole and peduncle) of *M. hastata* and the leaf blade of *E. crassipes* showed typical and raised stomata, and the crystal accumulation, while the petiole and peduncle of *E. crassipes* were only showed the typical stomata and there was crystal accumulation. Later, acetolysis method was used to study pollen morphology. It was found that both species' pollen was monad, bilateral symmetry, heteropolar, monosulcate and oblate shape. However, there was difference in pollen size and exine sculpturing between these two species. *M. hastata* was medium to large (33–56 µm) and granulate, while *E. crassipes* was large (59–84 µm) and regulate.

Keywords: Alien species, Aquatic plant, Palynology, Plant tissue

บทนำ

ผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) เป็นพืชน้ำ (hydrophyte) ในวงศ์ Pontederiaceae เป็นพืชท้องถิ่นของทวีปเอเชียตอนใต้รวมถึงประเทศไทย มีการกระจายพันธุ์ในบริเวณแหล่งน้ำจืด เช่น หนองน้ำ บ่อน้ำหรือสระน้ำ ไปจนถึงบริเวณริมแม่น้ำลำคลอง ลักษณะทั่วไปเป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี มีลำต้นเป็นเหง้าใต้ดิน ลำต้นเหนือดินเป็นกอใบ สูง 30–120 เซนติเมตร ใบเดี่ยวแผ่นใบคล้ายรูปโล่มีฐานใบเว้าลึก ก้านใบอวบเรียวยาว ดอกช่อประกอบด้วยดอกย่อยจำนวน 15–16 ดอก กลีบดอกสีน้ำเงินปนม่วง เมื่อดอกบานแล้วกลีบจะบิดพันกันเป็นเกลียว (Sripen, 1999) ในปี ค.ศ. 2011 สหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (International Union for Conservation of Nature and Natural resources, IUCN) จัดผักตบไทยอยู่ในกลุ่มพืชที่มีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (least concern) (Gupta, 2011) แต่ในปัจจุบันพบว่าผักตบไทยมีจำนวนลดลงอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ และการรุกรานของพืชต่างถิ่น เช่น ผักตบชวา (*Eichhomia crassipes* (Mart.) Solms) ซึ่งเป็นพืชน้ำที่จัดอยู่ในวงศ์เดียวกับผักตบไทย มีถิ่นกำเนิดในแถบลุ่มน้ำแอมะซอนของประเทศบราซิล (Hill and Coetzee, 2008) ลักษณะทั่วไปเป็นพืชล้มลุกประเภทลอยน้ำอายุหลายปี ทั้งกอสูง 30–90 เซนติเมตร ใบเดี่ยวแผ่นใบรูปไข่หรือกลม ก้านใบอวบตรงกลางพองออก ดอกช่อประกอบด้วยดอกย่อยจำนวน 3–20 ดอก ดอกสีชมพูอมม่วง กลีบบนสุดมีขนาดใหญ่มีจุดแต้มสีเหลืองกลางกลีบ (Sripen, 1999) อย่างไรก็ตาม ผักตบชวาที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับ

สิ่งแวดล้อมใหม่ได้ดี ส่งผลคุกคามต่อระบบนิเวศซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์พื้นเมือง รวมถึงวิถีชีวิตของชุมชนที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำ ยังได้รับผลกระทบทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและการประมง ทั้งนี้เนื่องจากความรวดเร็วในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของผักตบชวา รวมถึงความสามารถในการปรับตัวให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ในน้ำที่เน่าเสีย และทนต่อสารพิษ เช่น แคดเมียม ตะกั่ว (Pereira et al., 2014; Zahoor et al., 2018) จึงทำให้พบกอของพืชดังกล่าวแพร่กระจายเต็มผิวน้ำในระยะเวลาอันสั้น Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (2008) รายงานว่า ผักตบชวาเป็นพืชต่างถิ่นประเภทรุกราน (invasive alien species) ของประเทศไทย และยังถูกบันทึกอยู่ในทะเบียน 100 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานรุนแรงของโลกอีกด้วย (Lowe et al., 2000)

จากรายงานที่ผ่านมาการศึกษาผักตบชวาในหลากหลายแง่มุม เช่น ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเรณูและกายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นในวงศ์ Pontederiaceae เพื่อช่วยให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ (El-Amier, 2015; Sousa et al., 2016) ไปจนถึงประโยชน์ด้านนิติวิทยาศาสตร์ (Morgan et al., 2014) รวมถึงลักษณะกายวิภาคศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเจริญในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ผักตบชวาเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Qaisar et al., 2005) และใช้ประโยชน์จากผักตบชวาในการลดมลภาวะของน้ำเสียได้หากมีการจัดการอย่างเหมาะสม ในขณะที่ผักตบไทยซึ่งเป็นพืชประจำถิ่นของไทย และการแพร่กระจายในธรรมชาติเริ่มลดน้อยลงจนแทบไม่เป็นที่รู้จักของผู้คนทั่วไปยังมีการศึกษาน้อยมาก รวมถึงมีลักษณะทางสัณฐานที่จำแนกได้ยากเมื่อพบ

เจริญปะปนกันกับพืชชนิดอื่นในวงศ์เดียวกัน รวมถึงผักตบ- ขวาซึ่งโดยทั่วไปมักพบในรูปแบบที่ลอยน้ำอย่างอิสระ แต่หากเป็นสภาพนิเวศที่มีน้ำตื้นหรือบริเวณริมแหล่งน้ำ ผักตบขวาจะใช้รากยึดกับพื้นดินและชูใบตั้งตรงให้อยู่เหนือน้ำ เช่นเดียวกับผักตบไทย ด้วยลักษณะที่คล้ายกันนี้ทำให้พืชทั้งสองชนิดถูกจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่มีรูปแบบของลักษณะทางสัณฐานและกายวิภาคศาสตร์คล้ายกัน (Sousa *et al.* 2016)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกายวิภาคศาสตร์และเรณูวิทยา ของผักตบไทยและผักตบขวา ที่เจริญอยู่ในระบบนิเวศเดียวกัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุชนิดพืชจากผงยา การพิสูจน์เนื้อเยื่อพืชในทางเดินอาหารสัตว์น้ำ การอนุรักษ์ การควบคุม และการบริโภคอย่างเหมาะสม

วิธีดำเนินงานวิจัย

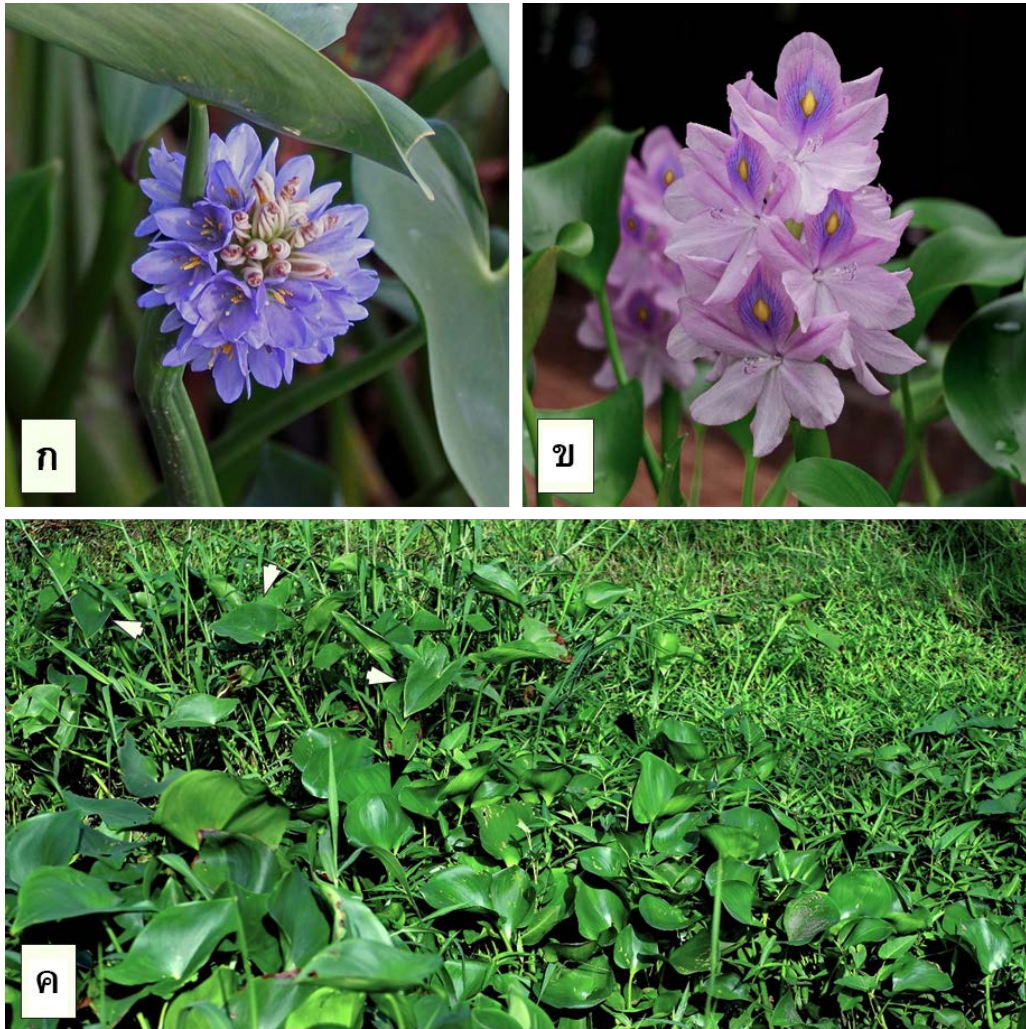
การเก็บตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างผักตบไทย (*M. hastata*) และผักตบขวา (*E. crassipes*) (ภาพที่ 1) จากพื้นที่ชุ่มน้ำในจังหวัดชลบุรี ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 โดยเลือกพืชที่เจริญเต็มที่ เก็บชิ้นส่วนแผ่นใบ (leaf blade) ก้านใบ (petiole) และก้านช่อดอก (peduncle) และช่อดอก (inflorescence) บรรจุในถุงซิปล็อคใส่กล่องโฟมรักษาอุณหภูมิไม่เกิน 5°C นำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อจัดทำตัวอย่างถาวร และเก็บพืชทั้งต้นมาจัดทำตัวอย่างพรรณไม้แห้งเพื่อการอ้างอิง (voucher specimen) เก็บไว้ที่ห้องปฏิบัติการสัณฐานวิทยาและกายวิภาคพืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ตรวจสอบเอกลักษณ์และระบุชนิดพืชตามเอกสารของ Sripen (1999)

การศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์

เตรียมสไลด์ถาวรของเนื้อเยื่อแผ่นใบ ก้านใบ และก้านช่อดอก โดยดัดแปลงกรรมวิธีจาก Kermanee (2008) กล่าวคือ นำชิ้นส่วนพืชมาตัดให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่เพื่อคงสภาพเนื้อเยื่อ (fixing) ในน้ำยาสูตร formalin–acetic acid–alcohol (FAA) ความเข้มข้นร้อยละ 30 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วย tertiary butyl alcohol (TBA) ความเข้มข้นร้อยละ 50 70 85 95 และ 100 ตามลำดับ โดยใช้เวลา 12 ชั่วโมง ในแต่ละความเข้มข้น จากนั้นนำไปแช่ใน TBA ความเข้มข้นร้อยละ 100 ผสมกับ paraffin oil ในอัตราส่วน 1:1 แล้วแช่ในพาราพลาสต์ (paraplast) ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปฝังยัด (embedding) ในพาราพลาสต์นำไปตัดด้วยเครื่องตัดแบบมือหมุนอัตโนมัติ (semi–auto rotary microtome) ยี่ห้อ Hestion รุ่น ERM 3000 โดยตัดให้มีความหนาประมาณ 8–15 ไมครอน นำแผ่นเนื้อเยื่อติดลงบนกระดาษกลีตโดยอาศัย Haupt gelatin adhesive เป็นการยึดตัวอย่างหลังจากปล่อยให้สไลด์แห้งอย่างน้อย 48 ชั่วโมง นำไปกำจัดพาราพลาสต์ออกจากสไลด์ด้วยการแช่ในไซลีน (xylene) และเจือจางด้วย ethyl alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 100 95 70 50 และ 30 ตามลำดับ ขั้นตอนละ 5 นาที จึงนำไปย้อมด้วยสีซาฟรานินโอ (safranin O) ความเข้มข้นร้อยละ 1 จากนั้นล้างสีส่วนเกินและดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วย ethyl alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 30 50 70 และ 95 ตามลำดับ ขั้นตอนละ 5 นาที และย้อมด้วยสีฟาสต์กรีน (fastgreen) 5–15



ภาพที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชที่ศึกษา ก) ช่อดอกผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) ข) ช่อดอกผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) และ ค) สภาพนิเวศของผักตบไทย (ศรีสีขาวชี้) และผักตบชวา (ศรีสีดำชี้)

วินาที และล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำมันกานพลู (clove oil) ผสมกับ ethyl alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 95 ในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วย ethyl alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 95 และ 100 ตามลำดับ แช่ในไซลีนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ (cover glass) โดยใช้เพอร์เมาท (permount) เป็นตัวยึด นำไป

ศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Olympus รุ่น BX61) โดยคำนวณหาร้อยละของพื้นที่เซลล์คลอโรพลาสต์ในขอบเขต 1 mm² ทำการศึกษา 5 ซ้ำ ในพืชแต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรม Image J 1.52a (Schneider *et al.*, 2012) นอกจากนี้นำแผ่นไบอลอกเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ออกเป็นแผ่นบาง ย้อมด้วยสี

ซาฟรานินโอ และสียฟาสต์กรีน และฝักขึ้นตัวอย่างตามขั้นตอนข้างต้น นำไปศึกษาและนับจำนวนปากใบ (stomata) ภายในขอบเขต 1 mm² ทำการศึกษา 15 ซ้ำ ในพืชแต่ละชนิด อธิบายลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ตาม Khomkrit (1999)

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเรณู

เตรียมสไลด์ถาวรเรณู ด้วยกรรมวิธีการทำสไลด์ถาวรเรณูพืช ที่ดัดแปลงจาก Erdman (acetolysis) (อ้างถึงใน Kermanee, 2008) โดยแยกเรณูออกจากดอก นำไปต้มกับสารละลาย potassium hydroxide (KOH) ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นกรองสารละลายด้วยผ้าขาวบางแล้วถ่ายลงหลอดทดลอง นำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (universal centrifuge, Gemmy รุ่น PLC-012E) ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที เพื่อให้เรณูตกตะกอน เทส่วนของเหลวทิ้ง แล้วล้างเรณูด้วยน้ำกลั่นโดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงเข้าช่วยดึงน้ำออกจากเรณูด้วย glacial acetic acid นำไปปั่นเหวี่ยงและเทของเหลวทิ้ง ก่อนนำไปอุ่นในสารละลายซึ่งมีส่วนผสมของ glacial acetic acid 9 ส่วน กับ conc. sulphuric acid 1 ส่วน เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างเรณูด้วยน้ำกลั่น ก่อนแบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งติดลงบน stub นำไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (LEO รุ่น 1450 VPJEOL) นำเรณูส่วนที่เหลือดึงน้ำออก

จากเรณูด้วย ethyl alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 95 และ 100 ตามลำดับ จากนั้นนำเรณูไปแช่ในสารละลายผสมระหว่างเบนซีน (benzene) กับซิลิโคนออยล์ (silicone oil) ที่มีความเข้มข้น 2,000 เซนติสโตค นำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อระเหยเบนซีน แล้วนำตัวอย่างเรณูที่แช่ในซิลิโคนออยล์หยดลงบนสไลด์ ฝักกระจกปิดสไลด์ด้วยพาราฟาสต์ นำไปศึกษาและวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทำการศึกษา 15 ซ้ำ ในพืชแต่ละชนิด อธิบายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณูตาม Chantaranothai and Krachai (2012)

เตรียมและศึกษาตัวอย่าง ณ ห้องปฏิบัติการการสัณฐานวิทยาและกายวิภาคพืช (BS1108) ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (BS2015) และศูนย์ปฏิบัติการกล้องจุลทรรศน์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

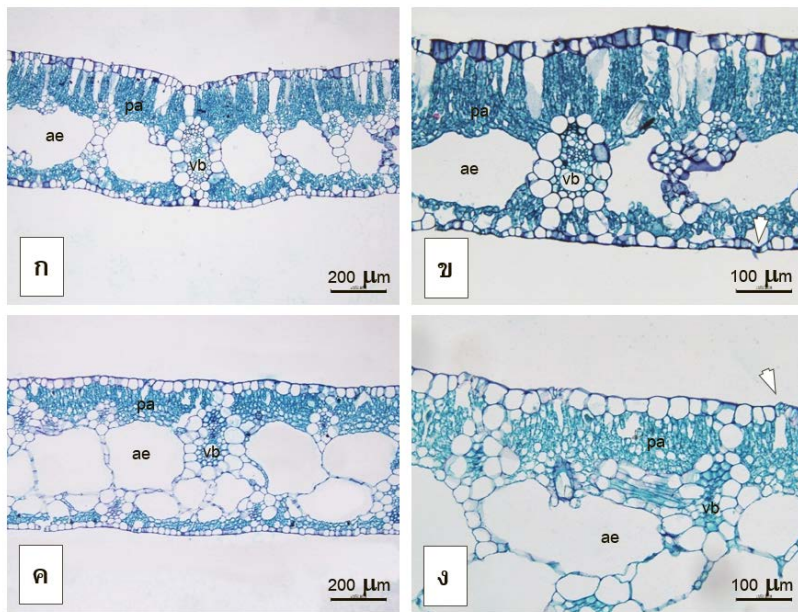
ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์

ผักตบไทย (*M. hastata*): ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ (ตาราง 1) เนื้อเยื่อภาคตัดขวางของแผ่นใบ (ภาพที่ 2-ก,ข) แสดงลักษณะเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) แบบชั้นเดียว มีผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) บาง พบปากใบ (stoma) แบบพาราไซติก (paracytic stoma) ทั้งสองด้าน

ตาราง 1 เปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบ (leaf blade) ก้านใบ (petiole) และก้านช่อดอก (peduncle)

ชนิดพืช	แผ่นใบ			ก้านใบ			ก้านช่อดอก		
	ปากใบ*	คลอเรงคิมา	แอนเรงคิมา	ปากใบ*	คลอเรงคิมา	แอนเรงคิมา	ปากใบ*	คลอเรงคิมา	แอนเรงคิมา
ผักตบไทย (<i>M. hastata</i>)	T & R (129.33±5.9)	% / mm ² 35.65±5.74	1 ชั้น เซลล์	T & R 6.78±0.28	% / mm ² จำนวนมาก	จำนวนมาก	T & R 6.34±0.19	% / mm ² 1.00±0.28	ปรากฏ
ผักตบชวา (<i>E. crassipes</i>)	T & R (115.07±2.52)	% / mm ² 23.95±0.44	1-3 ชั้น เซลล์	T 3.82±0.37	% / mm ² จำนวนมาก	T	T 1.00±0.28	% / mm ² 1.00±0.28	ปรากฏ

หมายเหตุ *ระดับของปากใบ T = typical R = Raised และในวงเล็บ คือ จำนวนปากใบ/mm²

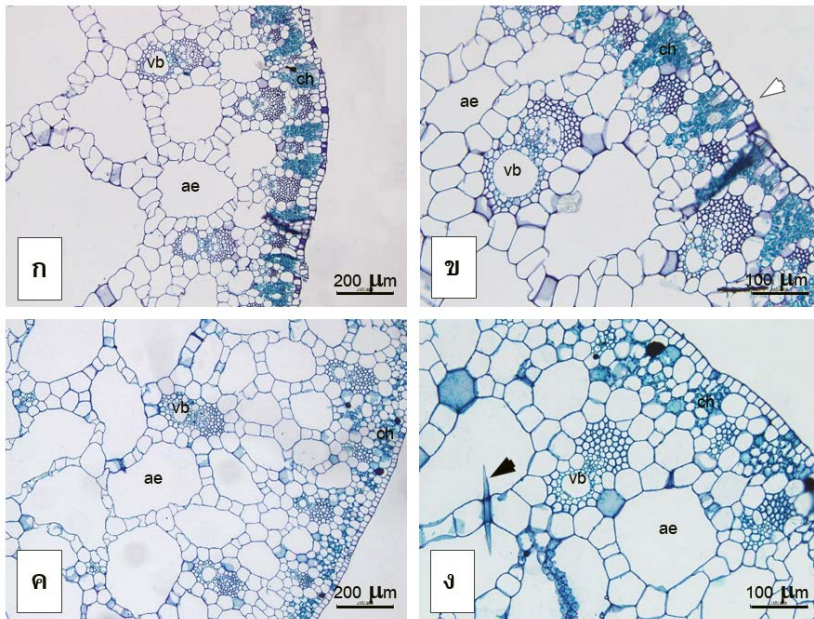


ภาพที่ 2 ภาคตัดขวางของแผ่นใบจากกอล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ก) และ ข) ผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) ค) และ ง) ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) (ae = aerenchyma, pa = palisade, vb = vascular bundle, ศรีสีขาวชี้ = raised stoma)

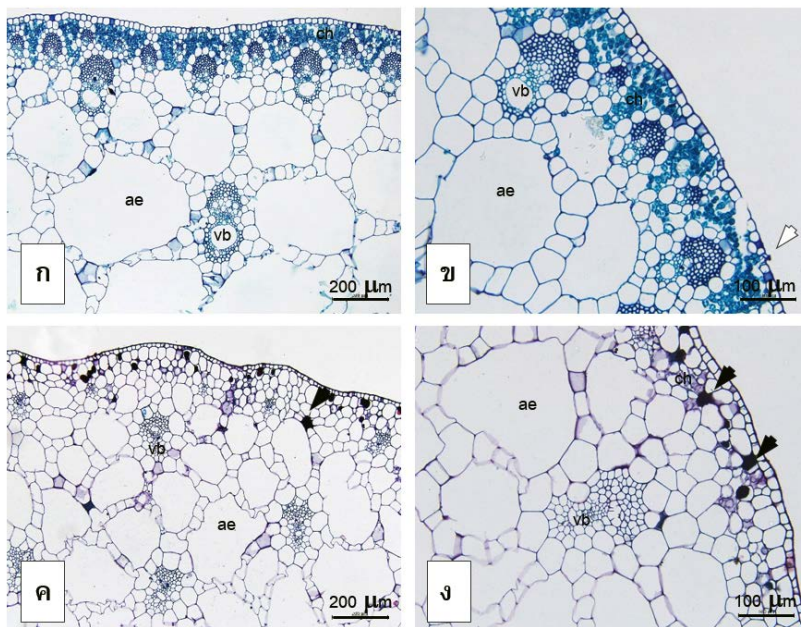
ของแผ่นใบ (amphistomatic leaf) ทั้งในระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว (typical stoma) และสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว (raised stoma) ความหนาแน่นเฉลี่ย 129.33 ± 5.98 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ชั้นมีโซฟิลล์ (mesophyll) พบคลอโรพลาสต์เฉลี่ยร้อยละ 35.65 ± 5.74 ต่อตารางมิลลิเมตร พบแอโรเรณิมา (aerenchyma) ขนาดใหญ่หนา 1 ชั้น บริเวณมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) มีเยื่อหุ้มท่อลำเลียง (bundle sheath) ขนาดใหญ่ไม่มีคลอโรพลาสต์

บริเวณชั้นแพลิสเซด (palisade) มีเซลล์เรียงกันหนา 6–8 ชั้น และพบการสะสมของผลึกรูปเข็ม (raphides crystal) และผลึกรูปแท่ง (styloid crystal) สำหรับภาคตัดขวางเนื้อเยื่อก้านใบ (ภาพที่ 3-ก,ข) และก้านช่อดอก (ภาพที่ 4-ก,ข) แสดงลักษณะเนื้อเยื่อชั้นผิวแบบชั้นเดียว พบปากใบทั้งในระดับเดียวกันและสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว

บริเวณคอร์เทกซ์ (cortex) พบคลอโรพลาสต์เฉลี่ยร้อยละ 6.78 ± 0.28 และ 6.34 ± 0.19 ต่อตารางมิลลิเมตรในก้านใบและก้านช่อดอกตามลำดับ มัดท่อลำเลียงกระจายอยู่ทั่วไปแบบ atactostele พื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแอโรเรณิมากระจายตัวสม่ำเสมอ และพบการสะสมผลึกรูปเข็ม ซึ่งลักษณะเนื้อเยื่อดังกล่าวส่วนใหญ่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Narayanan and Kaliappan (2014) ที่ศึกษากายวิภาคศาสตร์ของผักตบไทย กล่าวคือ พบปากใบทั้งสองด้านของแผ่นใบ ชั้นมีโซฟิลล์พบเซลล์แพลิสเซดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น พบแอโรเรณิมาทั้งในแผ่นใบและก้านใบ อย่างไรก็ตามมีผลการศึกษางานบางประการที่ขัดแย้งกับการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ ส่วนของแผ่นใบ สามารถพบปากใบแบบไซโทไซติก (cytocyctic stoma) กระจายตัวอยู่เล็กน้อย และในส่วนก้านใบ พบเซนทรัล แอโรเรณิมา



ภาพที่ 3 ภาคตัดขวางของก้านใบจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ก) และ ข) ผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) ค) และ ง) ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) (ae = aerenchyma, ch = chlorenchyma, vb = vascular bundle, ครรุดำชี้ = ผลึก รูปแท่ง, ครรูดขาวชี้ = raised stoma)



ภาพที่ 4 ภาคตัดขวางของก้านช่อดอกจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ก) และ ข) ผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) ค) และ ง) ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) (ae = aerenchyma, ch = chlorenchyma, vb = vascular bundle, ครรุดำชี้ = secretory cells ครรูดขาวชี้ = raised stoma)

(central aerenchyma) ขนาดใหญ่ แต่ไม่พบการศึกษาในก้านช่อดอก Narayanan and Kaliappan (2014) ระบุรูปร่างของผลึกจากการศึกษาภายใต้แสงโพลาไรซ์ (polarized light) โดยพบการสะสมแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) ในรูปแบบของผลึกรูปเข็ม ทั้งเนื้อเยื่อแผ่นใบและก้านใบ และผลึกรูปปริซึม (prismatic crystal) พบเฉพาะในก้านใบ ซึ่งมีความแตกต่างกับงานวิจัยครั้งนี้ที่พบว่า เนื้อเยื่อก้านใบพบเฉพาะผลึกรูปเข็มเท่านั้น ในขณะที่เนื้อเยื่อแผ่นใบพบผลึกรูปเข็มและผลึกรูปแท่ง เมื่อพิจารณาจากรายงานของ Nakata (2003) กล่าวว่ารูปร่างของผลึกเป็นลักษณะเฉพาะที่พบในพืชแต่ละชนิด อย่างไรก็ตามรูปร่างของผลึกสามารถแปรผันตามปริมาณแคลเซียมในสภาพแวดล้อมที่พืชเจริญอยู่ อีกทั้งผลึกอาจหายไปได้เมื่อพืชอยู่ในสภาวะขาดแคลเซียม

ผักตบชวา (*E. crassipes*): ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ (ตาราง 1) ภาคตัดขวางเนื้อเยื่อของแผ่นใบ (ภาพที่ 2-ค,ง) เนื้อเยื่อชั้นผิวแบบชั้นเดียว มีผิวเคลือบคิวทินบาง พบปากใบแบบพาราไชติคทั้งสองด้านของแผ่นใบ ทั้งระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว และสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว ความหนาแน่นเฉลี่ย 115.07 ± 2.52 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ชั้นมีโซฟิลล์พบคลอโรพลาสต์เฉลี่ยร้อยละ 23.95 ± 0.44 ต่อตารางมิลลิเมตร พบแอโรมาทิกขนาดใหญ่ หนา 1-3 ชั้น บริเวณมัดท่อลำเลียงมีเยื่อหุ้มท่อลำเลียงขนาดใหญ่ที่ไม่มีคลอโรพลาสต์ บริเวณชั้นแพลลิสเซลล์ มีเซลล์เรียงกันหนา 4-6 ชั้น และพบการสะสมของผลึกรูปเข็มและผลึกรูปแท่ง (ภาพที่ 3-ง) สำหรับภาคตัดขวางเนื้อเยื่อก้านใบ (ภาพที่ 3-ค,ง) และก้านช่อดอก (ภาพที่ 4-ค,ง) แสดงลักษณะเนื้อเยื่อชั้นผิวแบบชั้นเดียว พบปากใบทั้งระดับเดียวกันและสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว

ในก้านใบ และพบเฉพาะที่ระดับเดียวกับเนื้อเยื่อชั้นผิว ในก้านช่อดอก บริเวณคอร์เทกซ์ (cortex) พบคลอโรพลาสต์เฉลี่ยร้อยละ 3.82 ± 0.37 และ 1.00 ± 0.28 ต่อตารางมิลลิเมตร ในก้านใบและก้านช่อดอกตามลำดับ มัดท่อลำเลียงกระจายอยู่ทั่วไปแบบ atactostele พื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแอโรมาทิกกระจายตัวสม่ำเสมอ พบการสะสมผลึกรูปเข็มและผลึกรูปแท่ง โดยลักษณะเนื้อเยื่อแผ่นใบและก้านใบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Qaisar *et al.* (2005) กล่าวคือ พบปากใบทั้งด้านของแผ่นใบ รวมถึงพบจำนวนชั้นของแพลลิสเซลล์ 5-7 ชั้น ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษานี้ ภายในก้านใบพบมัดท่อลำเลียงและแอโรมาทิกกระจายอยู่ทั่วไป จากการศึกษา ก้านช่อดอกพบเซลล์หลั่ง (secretory cells) ในบริเวณคอร์เทกซ์ (ภาพที่ 4-ค,ง) จากรายงานวิจัยของ Xu *et al.* (2011) กล่าวว่าเซลล์หลั่งที่พบในผักตบชวา เป็นกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนโครงสร้างแวคิวโอล (vacuole) ให้สะสมสารที่ปล่อยออกมาจากร่างแหเอนโดพลาซม (endoplasmic reticulum) การสร้างเซลล์หลั่งส่งผลให้ผักตบชวามีความทนทานและเจริญเติบโตได้รวดเร็วแม้ในแหล่งน้ำที่มีมลภาวะ

เมื่อพิจารณางานวิจัยของ Oki and Ueki (1981) รายงานว่า ผักตบชวามีความหนาแน่นของปากใบเฉลี่ย 151 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีจำนวนมากกว่าผลการศึกษานี้ อย่างไรก็ดี จากงานวิจัยของ Pereira *et al.* (2014) และ Zahoor *et al.*, (2018) อธิบายว่า โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม มีอิทธิพลต่อการลดลงของจำนวนปากใบผักตบชวา จึงอาจกล่าวได้ว่าจำนวนปากใบที่แตกต่างกันนี้ อาจเป็นผลมาจากสารเจือปนในแหล่งเก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตามลักษณะ

ผลึกที่พบในเนื้อเยื่อภายใน และก้านช่อดอก สอดคล้องกับ Qaisar *et al.* (2005) ซึ่งพบการสะสมผลึกรูปเข็มทั้งภายในเนื้อเยื่อแผ่นใบ ก้านใบ และก้านช่อดอก

จากผลการศึกษาลักษณะทางกาย-วิภาคศาสตร์ของพืชทั้งสองชนิด พบลักษณะเด่นร่วมกัน ได้แก่ พบปากใบแบบยกสูงกว่าระดับเนื้อเยื่อชั้นผิวทั้งสองด้านของแผ่นใบ อีกทั้งภายในชั้นมีไซโทฟิลล์พบแรงแรงคิมาขนาดใหญ่ โดยมีเยื่อหุ้มท่อลำเลียงช่วยในการลำเลียงโครงสร้างของแผ่นใบ สอดคล้องกับรายงานของ Leegood (2008) ในส่วนก้านใบและก้านช่อดอก ประกอบด้วยแรงแรงคิมาและมัดท่อลำเลียงจำนวนมากกระจายตัวสม่ำเสมอ สำหรับลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ได้แก่ จำนวนคลอโรพลาสต์ในส่วนต่าง ๆ รวมถึงจำนวนปากใบ ที่พบว่าในผักตบชวาไทยมีปริมาณมากกว่าในผักตบชวา

การใช้ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของพืชในงานด้านอนุกรมวิธานพืช มีข้อจำกัดและไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากมีขั้นตอนที่ซับซ้อน แต่ในปัจจุบันพบความจำเป็นที่ต้องศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ควบคู่ไปกับลักษณะทางสัณฐานวิทยา เนื่องจากลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ได้รับการกำหนดให้เป็นมาตรฐานทางเภสัชพฤกษศาสตร์ ดังในรายงานของ Narayan and Kaliap-

pan (2014) ใช้ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ที่แตกต่างของแผ่นใบต้นขาเขียว (*M. vaginalis*) และผักตบไทย (*M. hastata*) ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรในวงศ์เดียวกัน มีการใช้อย่างกว้างขวางในประเทศอินเดีย เป็นเอกลักษณ์ที่ช่วยยืนยัน และแก้ปัญหาความสับสนในการระบุชนิดพืชจากผงยา (identification of powdered drugs from the leaves)

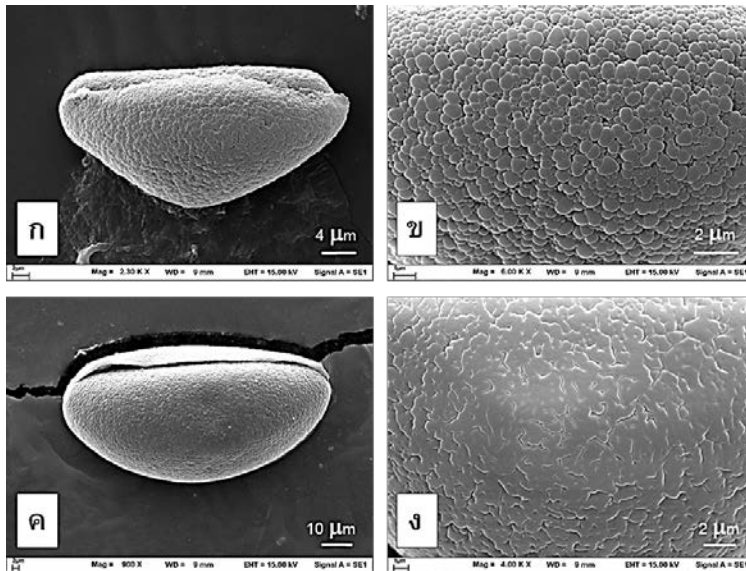
ลักษณะสัณฐานวิทยาเรณู

ผักตบไทย (*M. hastata*): ลักษณะสัณฐานวิทยาเรณู เป็นเรณูเม็ดเดี่ยว (monad) มีรูปร่างแบบ oblate มีขั้ว (polarity) แบบ heteropolar สมมาตร (symmetry) แบบด้านข้าง (bilateral symmetry) ช่องเปิด (aperture) รูปรี่ 1 ช่องเปิดอยู่ที่ด้านขั้ว (monosulcate) ลวดลายบนผนังชั้นนอก (exine) ประกอบด้วยปุ่มนูนกลมกลมจำนวนมากที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน (granulate) (ตาราง 2, ภาพที่ 5-ก,ข) สอดคล้องกับรายงานของ Ghosh and Karmakar (2017) ที่ศึกษาเรณูของดอกผักตบไทยในประเทศอินเดีย กล่าวคือเรณูมีรูปร่างแบบ oblate สมมาตรแบบด้านข้าง ช่องเปิดแบบ monosulcate และลวดลายบนผนังแบบ granulate เช่นเดียวกัน ทั้งนี้พบการศึกษาลักษณะวิทยาเรณูของผักตบไทยน้อยมาก และยังไม่มีการศึกษาลักษณะอย่างละเอียดด้วยกล้อง

ตาราง 2 เปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณู

ชนิดพืช	ชนิดเรณู	สมมาตร	ขั้ว	ช่องเปิด	ขนาด (ไมครอน)*		รูปร่าง (P/E)	ลวดลายผนังชั้นนอก (exine)
					แกน P	แกน E		
ผักตบไทย (<i>M. hastata</i>)	เดี่ยว	bilateral	heteropolar	monosulcate	25.63±1.43	49.82±1.73	oblate	granulate
ผักตบชวา (<i>E. crassipes</i>)	เดี่ยว	bilateral	heteropolar	monosulcate	39.79±1.47	70.70±2.06	oblate	rugulate

หมายเหตุ *P = ความยาวแกนตามแนวขั้ว (polar view) E = ความยาวแกนตามแนวเส้นศูนย์สูตร (equatorial view)



ภาพที่ 5 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณูจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ก) และ ข) ผักตบไทย (*Monochoria hastata* (L.) Solms var. *hastata*) ค) และ ง) ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)

จุลทรรศน์อิเล็กตรอน ผักตบชวา (*E. crassipes*): ลักษณะสัณฐานวิทยาเรณู เป็นเรณูเดี่ยวมีรูปร่างแบบ oblate มีขั้วแบบ heteropolar สมมาตรแบบด้านข้างและมีช่องเปิดรูปรี 1 ช่องเปิดอยู่ที่ด้านขั้ว (ตาราง 2, ภาพที่ 5-ค) สอดคล้องกับลักษณะของเรณูผักตบชวาที่เก็บตัวอย่างจากประเทศอียิปต์ ที่พบว่ามีสมมาตรแบบด้านข้างและช่องเปิดแบบ monosulcate (El-Amier, 2015)

จากการศึกษาเรณูจากดอกผักตบชวาในประเทศอินเดีย Ghosh and Karmakar (2017) และสหรัฐอเมริกา Simpson (1987) พบว่า เรณูมีช่องเปิดรูปรี 2 ช่องเปิดที่ด้านขั้ว และมีลักษณะยาวตามแนวแกนขั้ว (dizonosulcate) อย่างไรก็ตาม จากรายงานรูปร่างของเรณูเป็นแบบ peroblate ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษารังนี้ที่พบว่า ลวดลายบนผนังชั้นนอกของเรณูผักตบชวามีลักษณะเป็นเส้นยาวมากกว่า 1 ไมครอน กระจ่าย

ตัวไม่เป็นระเบียบ (rugulate) (ตาราง 2, ภาพที่ 5-ง) สอดคล้องกับรายงานของ Ghosh and Karmakar (2017) แต่ขัดแย้งกับรายงานของ Simpson (1987) และ El-Amier (2015) ที่รายงานว่าเรณูผักตบชวามีลวดลายบนผนังชั้นนอกเป็นปุ่มรูปทรงครึ่งวงกลม มีฐานกว้างมากกว่า 1 ไมครอน (verrucate) และแบบเรียบ (psilate) ถึง granulate ตามลำดับ

จากผลการศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูของพืชทั้งสองชนิด พบว่ามีลักษณะเด่นร่วมกัน ได้แก่ เป็นเรณูเดี่ยว มีรูปร่างแบบ oblate มีขั้วแบบ heteropolar สมมาตรแบบด้านข้าง และมีช่องเปิดรูปรี 1 ช่องเปิดอยู่ที่ด้านขั้ว อย่างไรก็ตาม ลวดลายบนผนังชั้นนอกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งพบว่าเป็นแบบ granulate และ rugulate ในผักตบไทยและผักตบชวา ตามลำดับ ขนาดเรณูเฉลี่ยที่วัดตามแนวแกนขั้ว (polar view; P)

และแกนเส้นศูนย์สูตร (equatorial view; E) ของ เรณูของผักตบไทยยังมีขนาดเล็กกว่าผักตบชวา ($P/E = 25.63 \pm 1.43 / 49.82 \pm 1.73$ และ $39.79 \pm 1.47 / 70.70 \pm 2.06$ ของผักตบไทยและผักตบชวา ตาม ลำดับ) ลักษณะเหล่านี้สามารถใช้ประโยชน์ด้าน นิติวิทยาศาสตร์ (Morgan *et al.*, 2014) ไปจนถึง การจำแนกชนิดของเรณูพืชอาหารของผึ้ง จากรายงานของ Pal and Karmakar (2013) พบว่าทั้ง เรณูของผักตบไทยและผักตบชวา เป็นพืชอาหาร ที่สำคัญของผึ้งชนิด *Apis mellifera* ซึ่งเป็นแมลง พากะถ่ายเรณูที่สำคัญในระบบนิเวศ

การลดปัญหาการรุกรานของผักตบชวา โดยการใช้ผักตบชวาเป็นอาหารปลาคัสต์อาจไม่เหมาะสม เพราะผลการศึกษาพบว่าเนื้อเยื่อแทบ ทุกส่วนมีการสะสมแคลเซียมออกซาเลตในรูป ของผลึกทั้งผลึกรูปเข็มและผลึกรูปแท่ง ซึ่งผลึก ดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหินในไต (Massey *et al.*, 1993; Noonan and Savage, 1999) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ Inyang *et al.* (2015) พบว่า ผักตบชวายังคงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ โดย ส่วนที่จมน้ำของผักตบชวาเป็นที่อยู่อาศัยของ สาหร่ายขนาดเล็ก (periphyton) กว่า 100 ชนิด ที่มีประโยชน์ในการเพิ่มระดับออกซิเจนในแหล่ง น้ำและเป็นอาหารแก่ลูกสัตว์น้ำ ดังนั้นการลด ปริมาณผักตบชวาส่วนเกินในแหล่งน้ำโดยการ นำไปแปรรูปจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เช่น การ นำมวลชีวภาพของผักตบชวาไปใช้หมักเพื่อผลิต ปุ๋ยในงานเกษตรกรรม (Masaka and Ndhlovu, 2007) ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น การ ผลิตไซลิตอล (xylitol) ซึ่งเป็นสารให้ความหวาน แทนน้ำตาล (Bhattacharya *et al.*, 2015) ไปจนถึงการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์จากเส้นใยของผักตบชวา (Soodsang, 2016)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะทางกายวิภาค- ศาสตร์ภาคตัดขวางของผักตบไทย และผักตบ- ชวา ในส่วนของแผ่นใบ ก้านใบ และก้านช่อดอก แสดงลักษณะเด่นที่ร่วมกัน ได้แก่ มีแอแรงคิมา จำนวนมาก และพบปากใบที่มีตำแหน่งสูงกว่า เนื้อเยื่อชั้นผิว ลักษณะที่มีความแตกต่างกันอย่าง ชัดเจน ได้แก่ ผักตบไทยพบเซลล์คลอเรณิมา (chlorenchyma) ในส่วนของแผ่นใบ ก้านใบ และ ก้านช่อดอกมีค่าเท่ากับร้อยละ 35.65 ± 5.74 6.78 ± 0.28 และ 6.34 ± 0.19 ต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ มีสัดส่วนมากกว่าของผักตบชวา ซึ่งมีปริมาณ ร้อยละ 23.95 ± 0.44 3.82 ± 0.37 และ 1.00 ± 0.28 ต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ จำนวนชั้นแพลลิ- เซดในแผ่นใบของผักตบไทยมีความหนา 6–8 ชั้น เซลล์ ซึ่งมีจำนวนชั้นมากกว่าของผักตบชวาที่มี 4–6 ชั้นเซลล์ และความหนาแน่นปากใบของผัก ตบไทยเท่ากับ 129.33 ± 5.98 ปากใบต่อตาราง มิลลิเมตร มีค่ามากกว่าของผักตบชวาที่มี 115.07 ± 2.52 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ในขณะที่พบ แอแรงคิมาในแผ่นใบของผักตบชวาเพียง 1 ชั้น เซลล์ ส่วนของผักตบชวามีหนา 1–3 ชั้นเซลล์ นอกจากนี้พบตำแหน่งปากใบที่ระดับเดียวกับ เนื้อเยื่อชั้นผิว และสูงกว่าเนื้อเยื่อชั้นผิว รวมถึง การสะสมผลึกรูปเข็มในทุกส่วนของผักตบไทย และพบผลึกรูปแท่งเฉพาะแผ่นใบ ในขณะที่ ผักตบชวาพบผลึกรูปเข็มและรูปแท่งในทุกส่วน ก้านใบและก้านช่อดอกของผักตบชวาพบปากใบ เพียงรูปแบบเดียว คือ ปากใบที่ระดับเดียวกับ เนื้อเยื่อชั้นผิว

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณูแสดง ลักษณะเด่นร่วมกัน พบว่า เรณูของผักตบไทย และผักตบชวาเป็นเรณูเดี่ยว มีสมมาตรแบบด้าน

ข้าง ขั้วเรณูมีลักษณะแบบ heteropolar มีช่องเปิดแบบ monosulcate และมีรูปร่างแบบ oblate อย่างไรก็ดีตาม พบลักษณะบางประการที่มีความแตกต่างกันระหว่างพืชสองชนิด กล่าวคือ ผักตบไทยมีเรณูขนาดกลางถึงใหญ่ (33–56 ไมครอน) และมีลวดลายบนผนังแบบ granulate ในขณะที่ ผักตบชวามีเรณูขนาดใหญ่ (59–84 ไมครอน) และมีลวดลายบนผนังแบบ ผลการศึกษาสามารถให้ระบุชนิดของพืชทั้ง 2 ชนิด ได้จากชิ้นส่วนของแผ่นใบ ก้านใบ ก้านช่อดอก และเรณู ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อ.ดร.จันทิมา ปิยะพงษ์ ในการช่วยเหลือตรวจทานนิพนธ์ต้นฉบับ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 59/2561

เอกสารอ้างอิง

Bhattacharya, A., Halder, S., and Chatterjee, P. K. (2015). Geographical distribution and physiology of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) the invasive hydrophyte and a biomass for producing xylitol. **International Journal of ChemTech Research** 7(4): 1849–1861.

Chantaranothai, P., and Krachai, P. (2012). **Pollen of Flowering Plant**. Khon Kaen: Applied Taxonomic Research Center of Khon Kaen University. (in Thai)

El-Amier, Y. A. (2015). Morphological studies of the pollen grains for some hydrophytes in coastal Mediterranean lakes, Egypt. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences** 2(2): 132–138.

Ghosh, A., and Karmakar, P. (2017). Monocot pollen flora of Paschim Medinipur District, West Bengal with a note on pollen dispersal mechanism. **Current Botany** 8: 41-54.

Gupta, A. K. (2011). **Monochoria hastata**. The IUCN Red List of Threatened Species 2011. Retrieved from <http://www.iucnredlist.org/details/summary/168865/0>, November 1, 2018.

Hill, M. P., and Coetzee, J. A. (2008). Integrated control of water hyacinth in Africa 1. **EPPO Bulletin** 38(3): 452–457.

Inyang, A. I., Sunday, K. E., and Nwankwo, D. I. (2015). Composition of periphyton community on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): In analysis of environmental characteristics at Ejirin part of Epe lagoon in Southwestern Nigeria. **Journal of Marine Biology**, Article ID 376986.

Kermanee, P. (2008). **Techniques in Plant Tissue**. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

Khomkrit, T. (1999). **Plant Anatomy**. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Leegood, R. C. (2008). Roles of the bundle sheath cells in leaves of C3 plants. **Jour-**

- nal of Experimental Botany** 59(7): 1663–1673.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., and Poorter, M. (2000). **100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A Selection from the Global Invasive Species Database (Vol. 12)**. Auckland: Invasive Species Specialist Group.
- Masaka, J., and Ndhlovu, S. (2007). The effect of different forms of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) organic fertilizers on leaf growth rate and yield of rape (*Brassica napus*). **International Journal of Agricultural Research** 2(3): 254–260.
- Massey, L. K., Roman-Smith, H., and Sutton, R. A. (1993). Effect of dietary oxalate and calcium on urinary oxalate and risk of formation of calcium oxalate kidney stones. **Journal of the American Dietetic Association** 93(8): 901–906.
- Morgan, R. M., Allen, E., King, T., and Bull, P. A. (2014). The spatial and temporal distribution of pollen in a room: Forensic implications. **Science and Justice** 54(1): 49–56.
- Nakata, P.A. (2003). Advances in our understanding of calcium oxalate crystal formation and function in plants. **Plant Science** 164: 901–909.
- Narayanan, K. B., and Kaliappan, I. (2014). Comparative anatomical characteristics of emergent aquatic herbs—*Monochoria vaginalis* (Burm. F.) Presl. and *Monochoria hastata* Solms. (Pontederiaceae). **International Journal of Botany** 10(1): 13.
- Noonan, S. C., and Savage, G. P. (1999). Oxalate content of foods and its effect on humans. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition** 8(1): 64–74.
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2008). **The Measures for Prevention and Management of Alien Species**. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- Oki, Y., and Ueki, K. (1981). Anatomical investigations of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms grown under different conditions. **Weed Research (Japan)** 26(4): 291–297.
- Pal, P. K., and Karmakar, P. (2013). Pollen analysis in understanding the foraging behaviour of *Apis mellifera* in Gangetic West Bengal. **Geophytology** 42(2): 93–114.
- Pereira, F. J., Castro, E. M., Oliveira, C. D., Pires, M. F., Pereira, M. P., Ramos, S. J., and Faquin, V. (2014). Lead tolerance of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Mart.–Pontederiaceae) as defined by anatomical and physiological traits. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 86(3): 1423–1433.
- Qaisar, M., Ping, Z., Rehan, S. M., Rashid, A. M., and Yousaf, H. (2005). Anatomical studies on water hyacinth (*Eichhornia cras-*

- sipes* (Mart.) Solms) under the influence of textile wastewater. **Journal of Zhejiang University Science B** 6(10): 991–998.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., and Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods** 9(7): 671–675.
- Simpson, M. G. (1987). Pollen ultrastructure of the Pontederiaceae: Evidence for exine homology with the Haemodoraceae. **Grana** 26(2): 113–126.
- Soodsang, N. (2016). Straw rope furniture design by macramé techniques for housing decorations. **Asian Social Science** 12(12): 173.
- Sousa, D. J. L., Scatena, V. L., Giulietti, A. M., and Oriani, A. (2016). Morphological and anatomical patterns in Pontederiaceae (Commelinales) and their evolutionary implications. **Aquatic Botany** 129: 19–30.
- Sripen, S. (1999). **Aquatic Plant in Thailand**. Bangkok: Amarin Printing. (in Thai)
- Xu, G.X., Tan, C., Wei, X. J., Gao, X. Y., and Zheng, H.Q. (2011). Development of secretory cells and crystal cells in *Eichhornia crassipes* ramet shoot apex. **Protoplasma** 248: 257–266.
- Zahoor, A., Ahmad, F., Hameed, M., and Basra, S. M. A. (2018). Structural and functional aspects of photosynthetic response in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms under cadmium stress. **Pakistan Journal of Botany** 50(2): 489–493.